

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2016

MATA PELAJARAN IPA

BAB V

ENERGI DAN KALOR DALAM SISTEM KEHIDUPAN



Dr. RAMLAWATI, M.Si.

SITTI RAHMA YUNUS, S.Pd., M.Pd.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016**

BAB 5

ENERGI DAN KALOR DALAM SISTEM KEHIDUPAN



A. Kompetensi Inti (KI)

1. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

B. Kompetensi Dasar (KD)

- 1.1 Mengenal konsep energi, berbagai sumber energi, energi dari makanan, transformasi energi, respirasi, sistem pencernaan makanan, dan fotosintesis.
- 2.1 Memahami konsep suhu, pemuaian, kalor, perpindahan kalor, dan penerapannya dalam mekanisme menjaga kestabilan suhu tubuh pada manusia dan hewan serta dalam kehidupan sehari-hari.

A. ENERGI DALAM SISTEM KEHIDUPAN

1. Perubahan bentuk energi (Transformasi Energi)

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha . Energi ada di mana-mana, bahkan benda-benda yang ada disekitar kita membutuhkan energi. Contohnya mobil, motor, pesawat, dan kereta api dapat berjalan dengan adanya bantuan energi, peralatan listrik di rumah dapat dinyalakan karena adanya energi. Pada dasarnya energi

tidak pernah hilang, tetapi diubah ke dalam bentuk energi lain. Dengan konsep tersebut energi dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

Energi tidak dapat diciptakan dan energi tidak dapat dimusnahkan, energi hanya bisa berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya. Inilah yang dinamakan hukum kekekalan energi. Tidak semua energi dapat langsung dimanfaatkan tetapi perlu diubah ke bentuk lain. Energi yang dimiliki oleh suatu benda bisa bermacam-macam bentuk, di antaranya energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi panas, energi listrik, energi kimia, dan energi nuklir.

a. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena gerakannya. Contohnya sederhana energi kinetik pada kehidupan sehari-hari adalah ketika pensil jatuh di atas meja, bola yang dilempar atau terjatuh, manusia berjalan dan masih banyak yang lainnya.



Gambar 5.1 Contoh energi kinetik, roda yang digelindingkan

Sumber: <http://benergi.com/>

Konsep dari energi kinetik ini adalah dengan memahami bentuk transfer energi yang berasal dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lainnya. Besar kecilnya energi kinetik suatu benda bergantung kepada massa dan kelajuan benda tersebut. Secara matematis energi kinetik dirumuskan sebagai

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (5.1)$$

dimana

E_k = energi kinetik (joule)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

b. Energi potensial

Energi potensial adalah energi yang mempengaruhi benda karena posisi (ketinggian) benda tersebut yang mana kecenderungan tersebut menuju tak terhingga dengan arah dari gaya yang ditimbulkan dari energi potensial tersebut. Contohnya yaitu katapel, karet yang digunakan katapel memiliki energi potensial. Karet yang digunakan katapel akan mampu melemparkan batu jika ditarik atau diregangkan lalu dilepaskan. Sama halnya dengan busur panah, yang mampu melemparkan anak panah.



Gambar 5.2 Contoh energi potensial, busur panah
Sumber: <http://anggaman2.wordpress.com/>

Hal tersebut dapat terjadi akibat energi potensial yang ada pada karet katapel atau busur panah tersebut. Energi potensial dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Energi potensial gravitasi bumi, yaitu energi yang dimiliki suatu benda karena terletak di atas permukaan bumi. Makin tinggi letak suatu benda di atas permukaan bumi, makin besar energi potensial gravitasinya. Contohnya Buah

mangga yang menggantung. Mangga ini berpotensi memiliki energi karena posisinya dari atas tanah. Energi yang tersimpan ini dinamakan energi potensial gravitasi. Energi potensial gravitasi yang disimbolkan dengan E_p . Energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai berikut.

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (5.2)$$

Dimana:

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian benda (m)

- 2) Energi potensial elastisitas, ialah energi yang tersimpan pada benda yang sedang diregangkan (misalnya, pada karet katapel dan busur panah) atau ditekan (misalnya, pada per). Makin jauh peregangan dan penekanannya, makin besar energinya. Energi potensial elastisitas biasa disebut juga Energi Potensial Pegas. Besarnya energi potensial pegas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \quad (5.3)$$

Dimana:

E = energi potensial pegas (joule)

k = konstanta pegas (N/m)

Δx = perubahan panjang pegas (m)

c. Energi Mekanik

Energi mekanik adalah Jumlah dari energi kinetik dan energi potensial di dalam sebuah sistem. Contohnya Sebuah mangga memiliki energi potensial ketika tergantung pada batang pohonnya di atas permukaan tanah dan memiliki energi kinetik dan energi potensial ketika mangga tersebut bergerak jatuh.



Gambar 5.3 Buah yang menggantung dan bergerak jatuh
Sumber: <http://dinachristy.wordpress.com/>

d. Energi panas

Energi panas adalah bentuk energi yang berubah menjadi kalor. Energi panas dapat muncul karena terjadi perubahan bentuk energi seperti pada reaksi energi kimiawi pada matahari yang mengakibatkan munculnya api serta panas yang berpindah secara radiasi.

e. Energi listrik

Energi listrik ialah energi yang dimiliki muatan listrik dan arus listrik. Energi ini paling banyak digunakan karena mudah diubah menjadi energi lainnya. Lampu dan alat-alat listrik lainnya yang ada di rumah dihidupkan oleh bentuk lain energi yaitu listrik. Listrik dihasilkan oleh partikel bermuatan yang mengalir di dalam suatu kawat penghantar atau benda-benda konduktor. Elektron yang bergerak dapat meningkatkan temperatur kawat dan menyebabkan kawat menyala seperti pada bola lampu. Elektron yang bergerak juga dapat menghasilkan medan magnetik, yang dapat menggerakkan motor listrik. Contohnya dalam kehidupan sehari-hari misalnya lampu yang menyala akibat energi listrik.

f. Energi kimia

Energi kimia adalah energi yang paling dibutuhkan oleh makhluk hidup dikarenakan pada bentuk kimiawi, energi mampu disimpan lebih lama. Energi kimia tersimpan dalam bahan-bahan makanan. Dalam metabolisme sel, ATP adalah salah satu bentuk energi kimia yang paling berguna dan penting untuk manusia. Energi kimia juga tersimpan dalam bahan bakar yang sering kita gunakan seperti bensin,

dan minyak tanah. Energi ini muncul karena terjadi proses pemecahan ikatan kimia dalam susunannya sehingga menghasilkan energi.

g. Energi nuklir

Energi ini adalah energi yang berada dalam setiap materi atau zat yang tentunya tersusun atas atom atom dan material penyusun atom seperti elektron, neutron dan proton. Energi nuklir sebenarnya juga merupakan energi kimia akan tetapi lebih bersifat spesifik dan membutuhkan usaha yang lebih dalam menggunakannya. Energi nuklir ini dapat diperoleh melalui proses yang cukup rumit dan untuk sekarang ini hanya mampu diambil dari materi yang bersifat radioaktif serta tidak stabil dengan inti yang berat seperti Uranium dan Plutonium. Untuk atom atom lain masih terbilang cukup sulit.

Contoh reaksi nuklir yang ada adalah matahari yang terus menerus berpijar, kemudian pembangkit listrik tenaga nuklir (reaktor nuklir) serta Bom Atom (Bandingkan dengan ledakan Hiroshima dan Nagasaki).



Gambar 5.4 Pembangkit listrik tenaga nuklir
Sumber: <http://www.tambang.co.id/>

2. Metabolisme

Makhluk multiseluler, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan tersusun atas jutaan sel. Tiap sel memiliki fungsi tertentu untuk kelangsungan hidup suatu organisme. Untuk menjalankan fungsinya, sel melakukan proses metabolisme. Metabolisme adalah reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam sel. Reaksi kimia ini akan mengubah suatu zat menjadi zat lain.

Semua proses metabolisme disebut reaksi enzimatik karena metabolisme terjadi selalu menggunakan katalisator enzim. Enzim adalah senyawa organik atau katalis protein yang dihasilkan sel dalam suatu reaksi. Enzim bekerja sebagai katalis dalam tubuh makhluk hidup, oleh karena itu disebut *biokatalisator*. Kamu akan mengetahui fungsi enzim dalam proses metabolisme setelah mempelajari subbab ini. Enzim bertindak sebagai katalis, artinya enzim dapat meningkatkan laju reaksi kimia tanpa ikut bereaksi atau dipengaruhi oleh reaksi kimia tersebut.

Enzim ini memiliki sifat yang khas, artinya hanya mempengaruhi zat tertentu yang disebut *substrat*. Substrat adalah molekul yang bereaksi dalam suatu reaksi kimia dan molekul yang dihasilkan disebut produk. Misalnya, enzim protease, substratnya adalah protein dan bentuk reaksinya mengubah protein menjadi asam amino. Secara ringkas sifat-sifat enzim dijelaskan sebagai berikut:

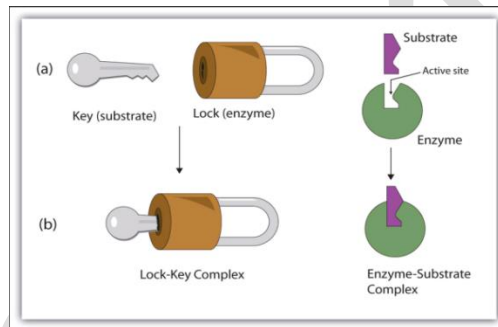
- a. Enzim merupakan biokatalisator. Enzim dalam jumlah sedikit saja dapat mempercepat reaksi beribu-ribu kali lipat, tetapi ia sendiri tidak ikut bereaksi.
- b. Enzim bekerja secara spesifik. Enzim tidak dapat bekerja pada semua substrat, tetapi hanya bekerja pada substrat tertentu saja. Misalnya, enzim katalase hanya mampu menghidrolisis H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 .
- c. Enzim berupa koloid. Enzim merupakan suatu protein sehingga dalam larutan enzim membentuk suatu koloid. Hal ini menambah luas bidang permukaan enzim sehingga aktivitasnya lebih besar.
- d. Enzim dapat bereaksi dengan substrat asam maupun basa. Sisi aktif enzim mempunyai gugus R residu asam amino spesifik yang merupakan pemberi atau penerima protein yang sesuai.
- e. Enzim bersifat termolabil. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh suhu. Jika suhu rendah, kerja enzim akan lambat. Semakin tinggi suhu, reaksi kimia yang dipengaruhi enzim semakin cepat, tetapi jika suhu terlalu tinggi, enzim akan mengalami denaturasi.
- f. Kerja enzim bersifat bolak-balik (reversibel). Enzim tidak dapat menentukan arah reaksi, tetapi hanya mempercepat laju reaksi mencapai kesetimbangan. Misalnya enzim lipase

dapat mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Sebaliknya, lipase juga mampu menyatukan gliserol dan asam lemak menjadi lemak.

Cara kerja enzim dapat dijelaskan dengan dua teori, yaitu teori gembok dan anak kunci, dan teori kecocokan yang terinduksi.

a. Teori gembok dan anak kunci (*Lock and key theory*)

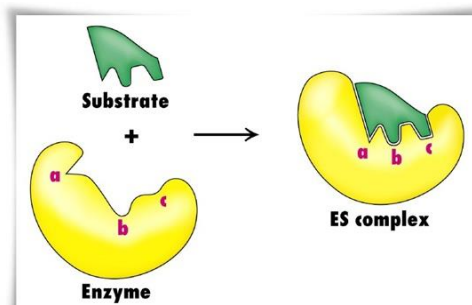
Enzim dan substrat bergabung bersama membentuk kompleks, seperti kunci yang masuk dalam gembok. Di dalam kompleks, substrat dapat bereaksi dengan energi aktivasi yang rendah. Setelah bereaksi, kompleks lepas dan melepaskan produk serta membebaskan enzim.



Gambar 5.5 Cara kerja enzim teori gembok dan anak kunci
Sumber: <http://www.pintarbiologi.com/>

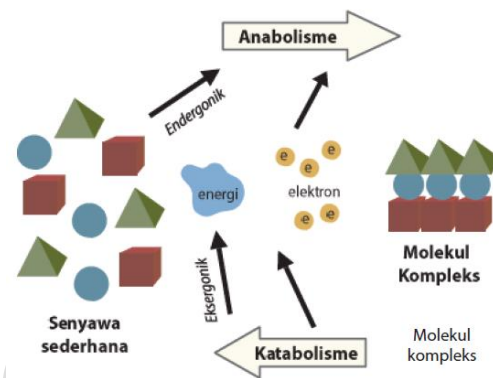
b. Teori kecocokan yang terinduksi (*Induced fit theory*)

Menurut teori kecocokan yang terinduksi, sisi aktif enzim merupakan bentuk yang fleksibel. Ketika substrat memasuki sisi aktif enzim, bentuk sisi aktif termodifikasi melingkupi substrat membentuk kompleks. Ketika produk sudah terlepas dari kompleks, enzim tidak aktif menjadi bentuk yang lepas. Sehingga, substrat yang lain kembali bereaksi dengan enzim tersebut.



Gambar 5.6 Cara kerja enzim teori kecocokan yang terinduksi
Sumber: <http://finishwellunbiologi.blogspot.co.id/>

Metabolisme sel dapat dibagi menjadi dua, yaitu anabolisme dan katabolisme. Anabolisme (biosintesis) merupakan proses pembentukan makromolekul (lebih kompleks) dari molekul yang lebih sederhana. Makromolekul yang dimaksud misalnya komponen sel (protein, karbohidrat, lemak, dan asam nukleat). Oleh karena proses pembentukannya memerlukan energi bebas maka disebut reaksi endergonik. Katabolisme merupakan proses pemecahan makromolekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Misalnya perubahan karbohidrat menjadi CO_2 dan H_2O dalam proses respirasi. Proses ini menghasilkan energi bebas sehingga disebut reaksi eksergonik.



Gambar 5.7 Peristiwa metabolisme, anabolisme, dan katabolisme
Sumber: Dok. Kemdikbud

a. Katabolisme

Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Penguraian senyawa ini menghasilkan atau melepaskan energi berupa ATP yang biasa digunakan organisme untuk beraktivitas.

Katabolisme mempunyai dua fungsi, yaitu menyediakan bahan baku untuk sintesis molekul lain, dan menyediakan energi kimia yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas sel. Reaksi yang umum terjadi adalah reaksi oksidasi. Contoh katabolisme adalah respirasi. Respirasi adalah proses reduksi, oksidasi, dan dekomposisi, baik menggunakan oksigen maupun tidak dari senyawa organik kompleks menjadi senyawa lebih sederhana dan dalam proses tersebut dibebaskan sejumlah energi. Tenaga yang dibebaskan dalam respirasi berasal dari tenaga potensial kimia yang berupa ikatan kimia. Berdasarkan

kebutuhan akan oksigen, katabolisme dibagi menjadi dua, yaitu respirasi aerob dan anaerob.

1) Respirasi aerob

Respirasi aerob adalah peristiwa pembakaran zat makanan menggunakan oksigen dari pernapasan untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Selanjutnya, ATP digunakan untuk memenuhi proses hidup yang selalu memerlukan energi. Respirasi aerob disebut juga pernapasan, dan terjadi di paru-paru.

Respirasi aerob dapat dibedakan menjadi tiga tahap, yaitu: glikolisis, siklus krebs, dan transpor elektron.

a) Glikolisis

Glikolisis adalah peristiwa perubahan molekul glukosa (6 atom C) menjadi 2 molekul yang lebih sederhana, yaitu asam piruvat (3 atom C). Glikolisis terjadi dalam sitoplasma sel.

Peristiwa glikolisis menunjukkan perubahan dari glukosa, kemudian makin berkurang kekomplekan molekulnya dan berakhir sebagai molekul asam piruvat. Produk penting glikolisis adalah:

- (1) 2 molekul asam piruvat
- (2) 2 molekul NADH sebagai sumber elektron berenergi tinggi
- (3) 2 molekul ATP dari 1 molekul glukosa

Sebenarnya, dari 1 molekul glukosa dihasilkan 4 molekul ATP, tetapi 2 molekul digunakan untuk beberapa reaksi kimia. Dari kesepuluh langkah pemecahan glukosa, dua di antaranya bersifat endergonik, dan menggunakan 2 molekul ATP.

b) Siklus krebs

Siklus krebs merupakan tahap kedua respirasi aerob. Nama siklus ini berasal dari nama orang yang menemukan reaksi tahap kedua respirasi aerob ini, yaitu Hans Krebs. Siklus ini disebut juga siklus asam sitrat. Siklus krebs diawali dengan adanya 2 molekul asam piruvat yang dibentuk pada glikolisis yang meninggalkan sitoplasma masuk ke mitokondria.

Sehingga, siklus krebs terjadi di dalam mitokondria. siklus krebs merupakan tahap kedua dalam respirasi aerob yang mempunyai tiga fungsi, yaitu menghasilkan NADH, FADH₂, ATP serta membentuk kembali oksaloasetat. Oksaloasetat ini berfungsi untuk siklus krebs selanjutnya. Dalam siklus krebs, dihasilkan 6 NADH, 2 FADH₂, dan 2 ATP.

c) Transpor elektron

Transpor elektron terjadi di membran dalam mitokondria, dan berakhir setelah elektron dan H⁺ bereaksi dengan oksigen yang berfungsi sebagai akseptor terakhir, membentuk H₂O. ATP yang dihasilkan pada tahap ini adalah 32 ATP. Reaksinya kompleks, tetapi yang berperan penting adalah NADH, FAD, dan molekul-molekul khusus, seperti Flavo protein, ko-enzim Q, serta beberapa sitokrom. Dikenal ada beberapa sitokrom, yaitu sitokrom C1, C, A, B, dan A3.

Elektron berenergi pertama-tama berasal dari NADH, kemudian ditransfer ke FMN (*Flavine Mono Nukleotida*), selanjutnya ke Q, sitokrom C1, C, A, B, dan A3, lalu berikatan dengan H yang diambil dari lingkungan sekitarnya. Sampai terjadi reaksi terakhir yang membentuk H₂O.

Jadi, hasil akhir proses ini terbentuknya 32 ATP dan H₂O sebagai hasil sampingan respirasi. Produk sampingan respirasi tersebut pada akhirnya dibuang ke luar tubuh, pada tumbuhan melalui stomata dan melalui paru-paru pada pernapasan hewan tingkat tinggi.

Tabel 5.1. Ketiga proses respirasi

Proses	Akseptor	ATP
1) <i>Glikolisis:</i> glukosa → 2 asam piruvat	2 NADH	2 ATP
2) <i>Siklus Krebs:</i> 2 asam piruvat → 2 asetil-KoA + 2 CO ₂ 2 asetil KoA → 4 CO ₂	2 NADH 6 NADH 2 FADH ₂	2 ATP
3) <i>Rantai Transpor Elektron Respiratori:</i> 10 NADH + 5 O ₂ → 10 NADH ⁺ + 10 H ₂ O 2 FADH ₂ + O ₂ → 2 FAD + 2 H ₂ O		30 ATP 4 ATP
	Total	: 34 ATP
	e ⁻ untuk masuk mitokondria perlu	: 2 ATP
	Hasil akhir	: 32 ATP

2) Respirasi Anaerob

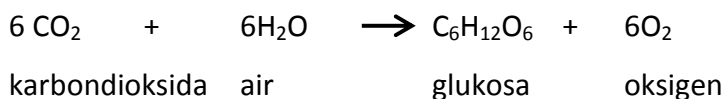
Respirasi anaerob terjadi bila tidak ada oksigen. Perlu diingat, bahwa dalam respirasi aerob oksigen berperan sebagai penerima elektron terakhir. Bila peran oksigen digantikan oleh zat lain, terjadilah respirasi anaerob. Organela-organela dan reaksi-reaksi yang terlibat dalam proses respirasi aerob sama dengan respirasi anaerob. Adapun zat lain yang dapat menggantikan peran oksigen antara lain NO_3 dan SO_4 .

Sejauh ini baru diketahui bahwa yang dapat menggunakan zat pengganti oksigen merupakan golongan mikroorganisme. Dengan demikian, organisme tingkat tinggi tidak dapat melakukan respirasi anaerob. Apabila tidak tersedia oksigen, organisme tingkat tinggi mengubah energi potensial kimia menjadi energi kinetik melalui proses fermentasi.

b. Anabolisme

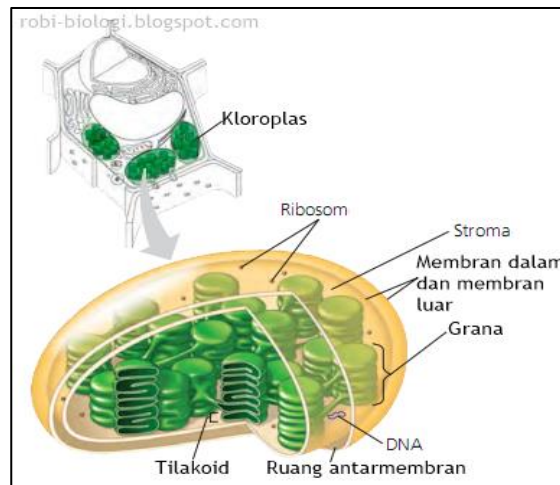
Anabolisme adalah peristiwa penyusunan zat dari senyawa sederhana menjadi senyawa lebih kompleks yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup. Penyusunan senyawa kimia umumnya memerlukan energi. Contoh reaksi anabolisme di antaranya adalah fotosintesis atau sintesis karbohidrat dengan bantuan energi cahaya matahari, kemosintesis dengan bantuan energi kimia.

Fotosintesis (foto berarti cahaya, dan sintesis berarti menyusun) dapat diartikan sebagai proses penyusunan bahan makanan berupa karbohidrat yang terjadi pada bagian tumbuhan yang memiliki klorofil dengan bantuan energi matahari. Bahan baku fotosintesis berupa karbon dioksida yang berasal dari udara dan air yang berasal dari dalam tanah. Fotosintesis juga menghasilkan oksigen sebagai hasil samping reaksi. Secara sederhana, reaksi fotosintesis yang melibatkan berbagai enzim dapat dituliskan sebagai berikut:



Fotosintesis terjadi di dalam kloroplas. Kloroplas merupakan organel plastida yang mengandung pigmen hijau daun (klorofil). Sel yang mengandung kloroplas terdapat pada

mesofil daun tanaman yang disebut *palisade* atau jaringan tiang dan sel-sel jaringan bunga karang yang disebut *spons*.



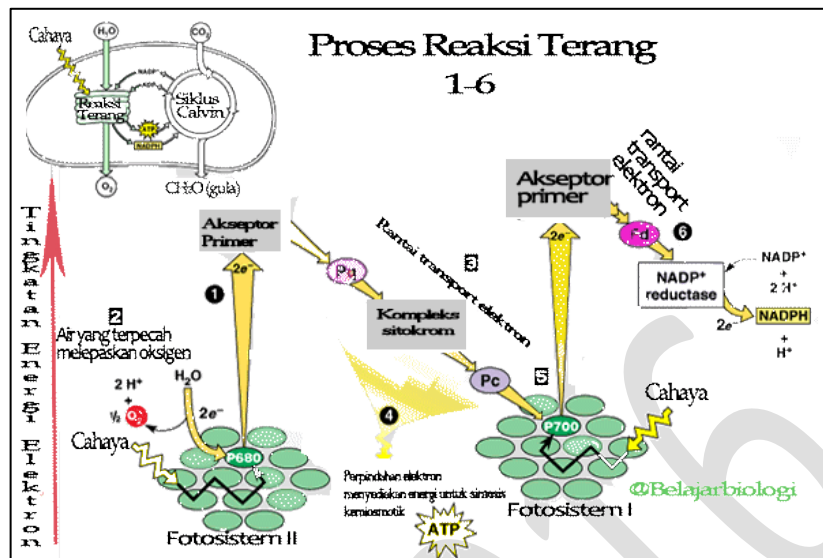
Gambar 5.8 Kloroplas

Sumber: <http://robi-biologi.blogspot.co.id/>

Fotosintesis merupakan proses kimia yang paling penting di muka bumi karena hasilnya akan menyediakan makanan untuk semua organisme, bukan hanya untuk tumbuhan yang melakukan fotosintesis itu sendiri namun juga untuk semua makhluk hidup yang memakannya. Proses reaksi fotosintesis dalam tumbuhan tinggi dibagi menjadi dua tahap, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

1) Reaksi terang (Light-Dependent Reaction)

Reaksi terang terjadi dalam membran tilakoid yang di dalamnya terdapat pigmen klorofil a, klorofil b, dan pigmen tambahan yaitu karoten. Pigmen-pigmen ini menyerap cahaya ungu, biru, dan merah lebih baik daripada warna cahaya lain.



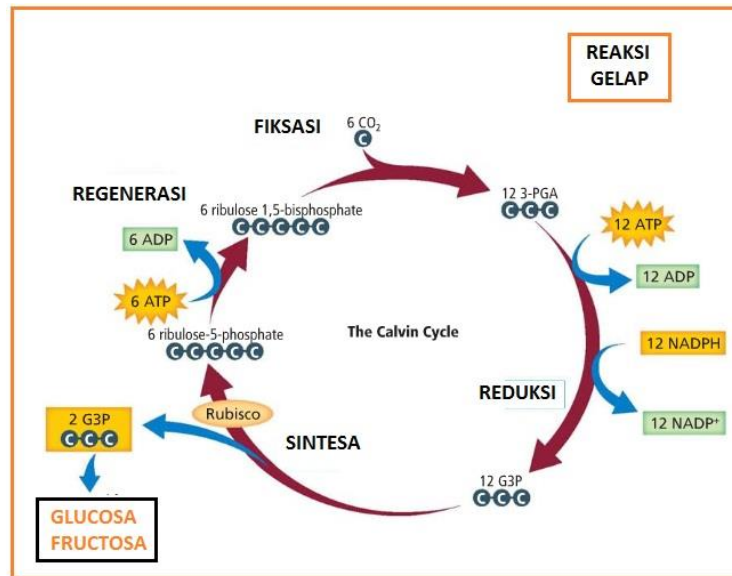
Gambar 5.9 Reaksi terang pada fotosintesis
 Sumber: <http://www.belajarbiologi.com/>

Reaksi terang merupakan reaksi penangkapan energi cahaya. Energi cahaya yang diserap oleh membran tilakoid akan menaikkan elektron berenergi rendah yang berasal dari H_2O . Elektron-elektron bergerak dari klorofil a menuju sistem transpor elektron yang menghasilkan ATP (dari $\text{ADP} + \text{P}$). Elektron-elektron berenergi ini juga ditangkap oleh NADP^+ . Setelah menerima elektron, NADP^+ segera berubah menjadi NADPH. Molekul-molekul ini (ATP dan NADPH) menyimpan energi untuk sementara waktu dalam bentuk elektron berenergi yang akan digunakan untuk mereduksi CO_2 .

Pada reaksi terang yang terjadi di grana, energi cahaya memacu pelepasan elektron dari fotosistem di dalam membran tilakoid. Fotosistem adalah tempat berkumpulnya beratus-ratus molekul pigmen fotosintesis. Aliran elektron melalui sistem transpor menghasilkan ATP dan NADPH.

Reaksi terang melibatkan dua jenis fotosistem, yaitu fotosistem I dan fotosistem II. Fotosistem I terdiri atas klorofil a dan pigmen tambahan yang menyerap kuat energi cahaya dengan panjang gelombang 700 nm sehingga sering disebut P700. Sementara itu, fotosistem II tersusun atas klorofil a yang menyerap kuat energi cahaya dengan panjang gelombang 680 nm sehingga sering disebut P680.

2) Reaksi gelap (Light-Independent Reaction)



Gambar 5.10 Reaksi gelap pada fotosintesis
Sumber: <http://sciencepirate.blogspot.co.id/>

Reaksi gelap merupakan reaksi tahap kedua dari fotosintesis. Disebut reaksi gelap karena reaksi ini tidak memerlukan cahaya. Reaksi gelap terjadi di *stroma*. Namun demikian, reaksi ini tidak mutlak terjadi hanya pada kondisi gelap.

Reaksi gelap memerlukan ATP, hidrogen, dan elektron dari NADPH, karbon dan oksigen dari karbondioksida, enzim yang mengkatalisis setiap reaksi, dan RuBp (Ribulosa bifosfat) yang merupakan suatu senyawa yang mempunyai 5 atom karbon.

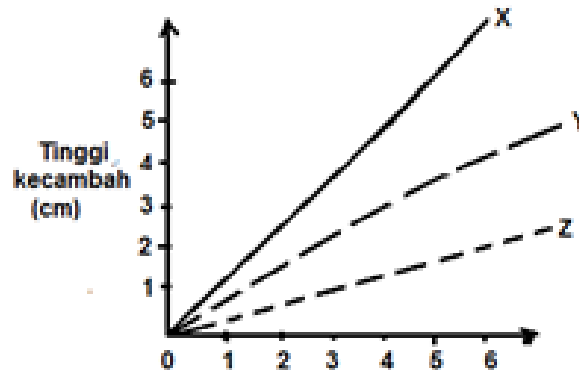
Pada reaksi gelap, CO_2 dan air dari lingkungan secara enzimatik direaksikan dengan suatu molekul akseptor yang mengandung 5 atom C untuk membentuk 2 molekul antara beratom C3 yaitu asam fosfoglisarat (APG) selanjutnya APG akan berikatan dengan ion H dari NADPH_2 membentuk senyawa ALPG (Aldehid Phospho Gliserat). Molekul antara ini kemudian melalui tahapan yang kompleks direduksi untuk menghasilkan glukosa.

Peristiwa tersebut dilengkapi dengan pembentukan kembali/regenerasi molekul C5 yang selanjutnya akan digunakan lagi untuk mengikat CO_2 yang masuk. Terbentuknya glukosa dalam sel-sel daun menyebabkan naiknya nilai osmotik sel-sel

daun. Oleh sebab itu, glukosa yang bersifat osmosis akan diubah menjadi amilum yang bersifat osmosis inaktif.

Contoh soal 1:

Grafik berikut menunjukkan hasil percobaan pertumbuhan berbagai jenis kecambah (X, Y, dan Z) masing-masing di tempat gelap, teduh, dan terang yang menunjukkan proses fotosintesisnya yang berlangsung pada hari ke-1 sampai hari ke-6 berikut:



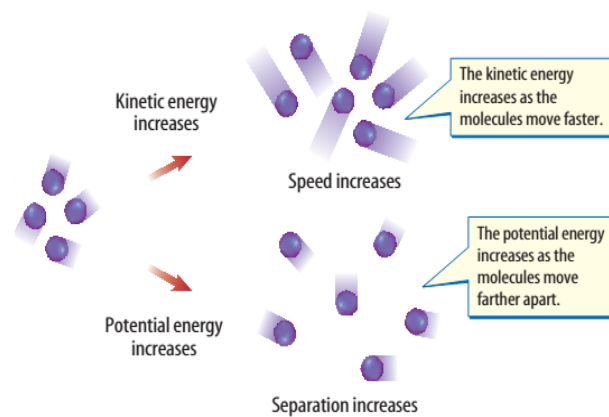
Berdasarkan grafik tersebut, apa yang dapat Anda simpulkan tentang kecambah X? Apa nama pertumbuhan kecambah tersebut?

B. KALOR DAN PERUBAHANNYA

1. Suhu

Konsep suhu begitu dekat dengan kehidupan sehari-hari. Perubahan cuaca, musim dan pergantian siang dan malam membawa pengaruh terhadap perubahan suhu lingkungan disekitar kita. Suhu lingkungan mempengaruhi aktifitas kita sehari-hari, rasa gerah, keringat, maupun kedinginan merupakan salah satu respon tubuh terhadap suhu. Bukan hanya itu, perubahan suhu tubuh lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu tubuh normal merupakan salah satu indikator bahwa tubuh dalam keadaan tidak sehat. Gambar 6.11 menunjukkan energy kinetic dan energy potensial molekul.

Setiap benda memiliki suhu. Apakah suhu itu? Apa yang menyebabkan peningkatan atau penurunan suhu? Dalam kehidupan sehari-hari, suhu merupakan ukuran seberapa panas atau dinginnya sebuah benda. Pada level molekular, suhu sebuah benda berkaitan dengan gerak partikel penyusun. Semua benda tersusun



Gambar 5.11 Gerak partikel

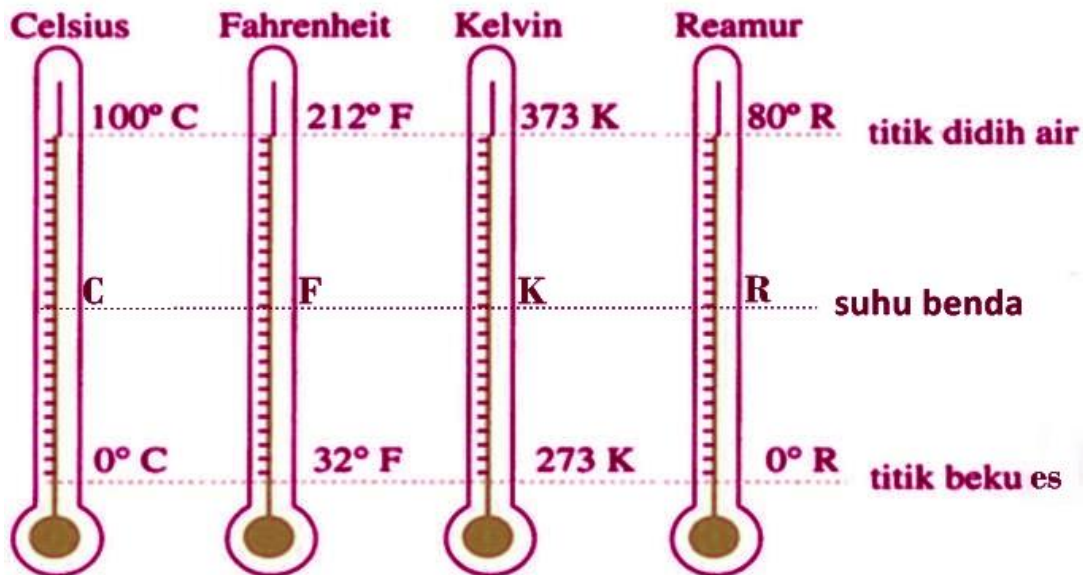
Sumber. Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E. 2012.

dari atom, molekul atau ion yang bergerak secara acak.

Gerakan partikel tersebut memiliki kecepatan yang berbeda beda pada berbagai arah. Karena gerakan tersebut partikel memiliki energi kinetik. Gerakan tersebut dapat menimbulkan tumbukan antara partikel satu dengan partikel yang lain yang dapat menyebabkan transfer energi dari partikel yang satu ke partikel yang lain. Suhu sebuah benda secara mikroskopik merupakan rerata energi kinetik partikel penyusunnya.

Untuk mengukur besarnya suhu tidaklah mungkin mengukur secara mikroskopi yang merupakan rerata energi kinetik partikel penyusunnya, sehingga yang dilakukan adalah mengukur menggunakan skala termometer. Secara umum skala termometer dibedakan kedalam 4 jenis skala yaitu : Skala termometer Celcius, Skala termometer Fahrenheit Reamur, Skala termometer Kelvin dan skala termometer. Untuk menentukan sistem skala suhu digunakan titik acuan bawah dan titik acuan atas.

Titik acuan bawah adalah titik lebur es pada tekanan 1 atm sedangkan titik acuan atas adalah titik didih air pada tekanan 1 atm. Perbandingan pengukuran suhu dengan menggunakan skala termometer Celsius, thermometer Fahrenheit, thermometer Kelvin, dan thermometer Reamur dapat dilihat pada Gambar 6.12.



Gambar 5.12 Perbandingan Pengukuran Suhu Sumber:

<https://fisikamabrur.blogspot.co.id/2016/05/kalibrasi-skala-suhu-indikator-5-ujian.html>

Berikut rentang skala yang dimiliki setiap termometer :

- Pada termometer skala Celsius titik didih air diberi skala 100°C dan titik bekunya diberi skala 0°C . Rentang temperatur antara titik beku air dan titik didih air dibagi dalam 100 skala.
- Pada termometer skala Fahrenheit titik didih air diberi skala 212°F dan titik bekunya diberi skala 32°F . Rentang temperaturnya dibagi dalam 180 skala.
- Pada termometer skala Kelvin titik didih air $373,15\text{ K}$ dan titik bekunya $273,15\text{ K}$. Rentang temperaturnya dibagi dalam 100 skala.
- Pada termometer skala Reamur titik didih air 80°R dan titik bekunya 0°R . Rentang temperaturnya berada pada temperatur $0^{\circ}\text{R} - 80^{\circ}\text{R}$ dan dibagi dalam 80 skala.

Sehingga :

- Hubungan antara skala suhu Celsius dan Fahrenheit secara umum dapat dituliskan dalam persamaan Matematika: $T^{\circ}\text{C} = (9/5 T^{\circ}\text{F} + 32)^{\circ}\text{F}$.
- Hubungan antara skala suhu Celsius dan Reamur secara umum dapat dituliskan dalam persamaan Matematika : $T^{\circ}\text{C} = 4/5 T^{\circ}\text{R}$

- Hubungan antara skala suhu Celcius dan Kelvin secara umum dapat dituliskan dalam persamaan Matematika : $T^{\circ}C = (T^{\circ}C + 273)^{\circ}K$

Contoh soal 2

Seorang siswa di kelas tidak bias mengikuti pembelajaran karena pusing. Setelah diperiksa oleh gurunya, ternyata siswa tersebut demam. Setelah dibawa ke dokter dan diperiksa menggunakan termometer, suhu badan anak tersebut mencapai $40^{\circ}C$. Jika diukur menggunakan termometer Reamur, Fahrenheit dan Kelvin, berapa angka penunjukan thermometer tersebut?

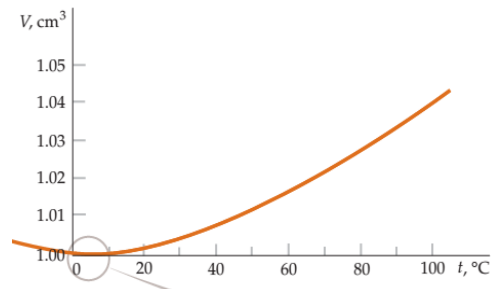
- a. Pemuaian panjang, luas dan volume pada benda padat



Gambar 5.13 (a) Pemuaian pada jembatan (Sumber. Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E.,2012).

(b) Pemanasan pada besi (Devi, P. K., & Saraswati, S. L.,2016)

Sebagian besar zat memuai ketika dipanaskan dan menyusut ketika didinginkan, namun besar pemuaian atau penyusutan tiap benda berbeda-beda bergantung jenis material. Dari berbagai Eksperimen, jika perubahan suhu ΔT tidak terlalu besar maka pemuaian linear atau biasa juga dikenal dengan



Gambar 5.14 Perubahan volume benda pada berbagai suhu
Sumber. Giancoli, 2005

pemuaian panjang berbanding lurus dengan perubahan suhu benda ΔT . Perubahan panjang Δl berbanding lurus dengan panjang mula-mula benda l_0 .

Jika suhu sebuah benda berubah ΔT , Hasil bagi dari perubahan panjang Δl dengan panjang mula-mula l_0 sama sebanding dengan perubahan suhu, dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut $\frac{\Delta l}{l_0} \approx \Delta T$ sehingga $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta T$ dimana α merupakan koefisien muai panjang yang merupakan perbandingan hasil bagi dari perbandingan perubahan panjang dan panjang mula-mula dengan perubahan suhu yang dituliskan secara matematis yaitu $\alpha = \frac{\Delta l/l_0}{\Delta T}$ di mana satuan dari koefisien muai panjang α adalah $1/K$ atau $1/C^\circ$.

Nilai α untuk berbagai bahan pada $20^\circ C$ dapat dilihat pada tabel di bawah ini , sebenarnya α sedikit bervariasi sesuai temperatur. Jika kisaran suhu tidak terlalu besar, biasanya variasinya dapat diabaikan.

Tabel 5.2 Daftar Koefisien Muai Panjang dan Koefisien Volume Berbagai Benda

Benda	Koefisien Muai panjang, α (C°) ⁻¹	Koefisien Muai Volume, β (C°) ⁻¹
Padat:		
• Aluminium	25×10^{-6}	75×10^{-6}
• Kuningan	19×10^{-6}	56×10^{-6}
• Tembaga	17×10^{-6}	50×10^{-6}
• Emas	14×10^{-6}	42×10^{-6}
• Pyrex	3×10^{-6}	9×10^{-6}
Cair		
• Bensin		950×10^{-6}
• Merkuri		180×10^{-6}
• Etil alcohol		1100×10^{-6}
• air		210×10^{-6}
Gas		
• Udara		3400×10^{-6}

Pemuaian tidak hanya terjadi pada panjang benda tapi juga dapat terjadi pada luas dan volume benda. Untuk koefisien muai luas sama dengan dua kali koefisien muai panjang (2α) sedangkan koefisien muai volume sama dengan tiga kali koefisien muai panjang (3α). Dimana dapat dituliskan kedalam persamaan

$$\Delta A = 2\alpha A_0 \Delta T$$

$$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T$$

2. Kalor

Sebuah kubus besi hangat (75°C) bermassa 4 kg ditempelkan kepada sebuah kubus besi dingin yang bersuhu (15°) bermassa 15 Kg. Pernyataan Manakah yang benar?

- Kalor mengalir secara spontan dari kubus hangat ke kubus dingin sampai kedua kubus memiliki muatan kalor yang sama.
- Kalor mengalir secara spontan dari kubus hangat ke kubus dingin sampai kedua kubus memiliki tempratur yang sama
- Kalor dapat mengalir secara spontan dari kubus hangat ke kubus yang dingin, tapi dapat juga mengalir secara spontan dari kubus dingin ke kubus hangat.
- Kalor mengalir dari kubus besar ke kubus kecil karena kubus besar memiliki energi internal yang besar.

Konsep kalor sebenarnya sudah melekat pada kehidupan masyarakat kita sehari-hari. Hal tersebut dapat kita lihat bagaimana seseorang dapat menduga jika bagian sebuah kursi terasa lebih hangat dibandingkan bagian kursi yang lain, dapat diduga seseorang baru saja duduk pada kursi tersebut. Ketika kita membeli sebuah es krim kemudian letakkan pada ruang terbuka, kita dapat menduga seiring dengan waktu es krim tersebut akan mencair? Agar es krim tetap pada bentuknya kita dapat menyimpannya di freeze. Mengapa kita dapat menduga hal tersebut?

Kita dapat menduga seseorang baru saja duduk di kursi tersebut dengan merasakan bagian kursi lebih hangat dibandingkan bagian kursi yang lain kerana terjadi perpindahan kalor yang menyebabkan suhu bagian lebih tinggi dibandingkan suhu bagian kursi yang lain sampai suhu bagian kursi tersebut sama dengan suhu tubuh manusia.

Kita dapat menduga es krim yang berada pada ruang terbuka akan mencair hal tersebut disebabkan karena terjadi perpindahan kalor dari lingkungan ke es krim yang menyebabkan perubahan wujud zat. Agar tetap pada bentuk dan wujud es krim tersebut harus ditempatkan pada

ruangan yang suhunya sama sehingga tidak terjadi perpindahan kalor yang dapat memicu perubahan wujud zat.

Ketika kita meletakkan wajan yang berisi minyak di atas api kompor gas, suhu minyak akan meningkat. Hal tersebut terjadi disebabkan adanya perpindahan kalor dari api kompor gas ke minyak. Ketika kita memasukkan es kedalam air mendidih, kalor secara spontan berpindah dari air mendidih ke es untuk menyamakan suhu. Jika dua buah benda diletakkan bersinggungan cukup lama sehingga kedua benda memiliki suhu yang sama, benda tersebut dikatakan berada pada kesetimbangan termal. Dalam keadaan setimbang termal tidak terjadi arus kalor. Penjelasan yang sama terjadi ketika kita mengukur suhu tubuh dengan menggunakan termometer badan yang diletakkan dimulut, kalor mengalir dari mulut ke termometer yang mengakibatkan suhu termometer meningkat. Ketika suhu termometer sama dengan tubuh akan terjadi kesetimbangan termal sehingga tidak terjadi arus kalor.

Pada abad ke delapan belas, para peneliti telah mengetahui bahwa jumlah kalor (Q) yang dibutuhkan untuk mengubah temperature adalah material yang ditentukan oleh proporsional terhadap massa dan perubahan temperature. Secara umum persamaan kalor adalah sebagai berikut

$$Q = mc\Delta T$$

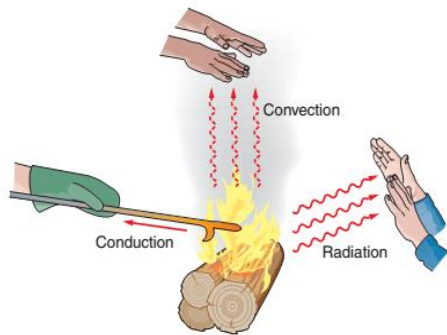
dengan m adalah massa zat, c adalah kalor jenis zat, dan ΔT adalah perubahan suhu.

Kalor jenis (c) adalah karakteristik dari zat atau material. Misalnya kalor jenis air adalah $4,2 \text{ J/kg}\cdot\text{C}^{\circ}$ atau $1,00 \text{ kkal/ kg}\cdot\text{C}^{\circ}$.

Contoh Soal 3

- (a) Berapa banyak kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu dari kaleng kosong seberat 20 kg yang terbuat dari besi pada suhu 10°C menjadi 90°C
- (b) Bagaimana jika kaleng tersebut diisi air 20 kg

3. Perpindahan Kalor

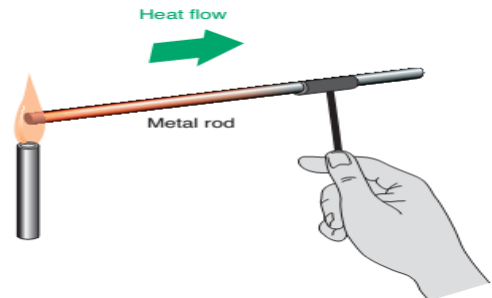


Gambar 5.15 Perpindahan panas.
Sumber. Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E. 2012.

Kalor merupakan transfer energi antara benda yang mempunyai perbedaan suhu. Transfer energi tersebut dapat terjadi dengan tiga cara yaitu: Konduksi, Konveksi, dan Radiasi. Konduksi merupakan transfer energi dari melalui interaksi antara atao-atom atau molekul-molekul diman ataoom atau molekul tersebut tidak berpindah tempat.

a. Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Ketika sebuah tongkat besi diletakkan pada api yang panas, atau sebuah sendok perak dimasukkan kedalam mangkuk sup panas. Pada ujungnya anda merasakan panasnya juga, walaupun tidak langsung bersinggungan dengan sumber kalor. Kita katakan kalor telah terkonduksi dari sup yang panas ke sendok perak.



Gambar 5.16 Konduksi.
Sumber. Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E. 2012.

Konduksi kalor pada banyak material dapat digambarkan seperti dibawah melalui tabrakan molekular.

Pada saat satu sisi objek dipanaskan, molekul disana menjadi semakin cepat karena suhu semakin tinggi . pada saat molekul-molekul yang lebih cepat bertabrakan dengan molekul yang lebih lambat, molekul tersebut memindahkan sebagian energi kinetiknya sehingga terjadi perubahan kecepatan gerak molekul pada molekul yang lebih lambat menjadi lebih cepat sehingga menyebabkan kenaikan suhu. Molekul ini kemudian memindahkan energinya dengan cara bertabrakan dengan molekul yang lebih jauh sepanjang objek tersebut.

Konduksi kalor dari satu titik ke titik yang lain hanya terjadi bila ada perbedaan suhu diantara dua titik. Dari percobaan ditemukan bahwa laju aliran kalor melalui sebuah zat proporsional dengan perbedaan kalor di kedua ujungnya. Laju aliran kalor juga tergantung pada ukuran dan bentuk dari objek. Untuk menginvestigasi hal ini secara kuantitatif mari kita pertimbangkan aliran kalor melalui silinder seragam, seperti yang digambarkan pada gambar (..) . Ditemukan bahwa secara eksperimen tal bahwa aliran kalor Q dalam waktu t ditunjukkan dengan hubungan

$$\frac{Q}{t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l} \quad (6.4)$$

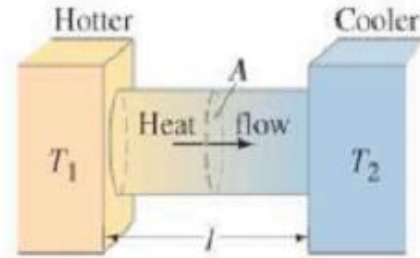
Dimana A adalah luas penampang melintang dari objek, l adalah jarak antara 2 ujung yang memiliki suhu T_1 dan T_2 dan k adalah konstanta proporsional yang disebut konduktifitas termal, yang merupakan karakteristik material , dari persamaan diatas kita melihat bahwa aliran kalor (dalam satuan J/s) berbanding lurus terhadap luas penampang melintang dan terhadap gradien suhu $\frac{T_1 - T_2}{l}$.

Konduktifitas termal k untuk berbagai zat diberikan pada tabel (..) zat dimana k merupakan besar menghantar kalor secara cepat dan disebut konduktor termal yang baik. Sebagian besar logam masuk dalam bagian ini. Walaupun terdapat variasi besarnya k antar logam. Zat dimana k kecil seperti wool , fiberglass, polyuterhane dan bulu angsa, merupakan konduktor kalor yang buruk dan maka itu merupakan isolator termal yang baik.

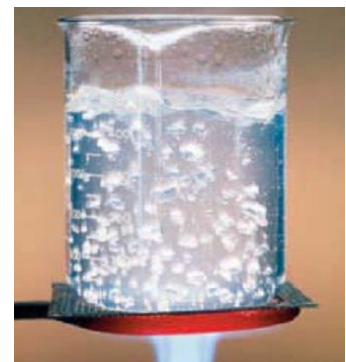
b. Perpindahan Kalor Secar Konveksi

Walau cairan dan gas secara umum bukan konduktor yang baik, keduanya dapat memindahkan kalor dengan cukup cepat dengan cara konveksi. Konveksi merupakan proses dimana kalor mengalir melalui pergerakan massa molekul dari satu tempat ke tempat yang lain. . sementara konduksi melibatkan molekul yang hanya bergerak dalam jarak yang pendek dan bertabrakan. Konveksi melibatkan pergerakan dari sejumlah besar molekul pada jarak yang besar.

Sebuah tungku udara bertekanan, dimana udara dipanaskan dan kemudian ditipukan oleh sebuah kipas ke



Gambar 5.17 Diagram perpindahan kalor
Sumber. Giancoli, 2005



Gambar 5.18 Air yang mendidih sebagai konveksi
Sumber. Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E. 2012.

dalam ruangan adalah contoh konveksi paksa. Konveksi alami juga terjadi, dan satu contoh umum adalah bahwa udara panas yang naik ke atas. Sebagai contoh udara yang berada di atas radiator mengembang pada saat dipanaskan. Dan karenanya densitasnya menurun. Karena densitasnya lebih kecil dari udara disekitarnya yang lebih dingin, ia naik melalui gaya apung.

Tubuh manusia menghasilkan sejumlah besar energi termal yang merupakan transformasi dari energi yang didapatkan dari makanan. Energi yang didapatkan dari makanan ditransformasikan paling banyak sekitar 20% untuk digunakan melakukan usaha, sisanya 80% ditransformasikan kedalam energi termal. Perpindahan kalor dalam tubuh dilakukan secara konveksi oleh darah.

c. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Berbeda dengan perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi yang memerlukan medium perantara, perpindahan kalor secara radiasi tidak memerlukan medium perantara. Namun demikian perpindahan kalor secara radiasi sangatlah penting untuk kelangsungan makhluk hidup di bumi, bisa kita lihat ketergantungan makhluk hidup akan cahaya matahari. Suhu permukaan matahari diperkirakan sekitar 6000K sedangkan suhu rata-rata bumi sebesar 300K. Kehangatan yang kita terima berasal dari radiasi matahari.

Radiasi terdiri dari gelombang elektromagnetik, radiasi dari matahari tersebut terdiri dari cahaya tampak dan yang tak tampak, termasuk gelombang infra merah yang mempunyai fungsi utama untuk memanaskan bumi.

Laju radiasi sebuah benda telah diketahui proporsional terhadap pangkat empat dari temperatur dalam satuan kelvin yaitu pada 2000K bila dibandingkan pada suhu 1000K, meradiasikan $2^4 = 16$ kali lebih banyak. Laju radiasi dituliskan dalam persamaan:

$$\frac{Q}{t} = \epsilon \theta A T^4 \quad (6.5)$$

Persamaan diatas juga disebut persamaan Stefan-Boltzmann, dan δ adalah konstanta universal yang disebut konstanta Stefan-Boltzmann yang mempunyai nilai :

$$\delta = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2} \cdot K^4 \quad (6.6)$$

Faktor ϵ , disebut emisivitas, adalah bilangan antara 0 dan 1 yaitu karakteristik dari permukaan material teradiasi. Permukaan yang sangat hitam seperti arang mempunyai emisivitas mendekati 1 dan permukaan logam yang mengkilap mempunyai emisivitas mendekati 0.

4. Penerapan Konsep Kalor

Jika tubuh tidak melepaskan panas, maka suhu tubuh akan meningkat 1°C setiap jamnya. Panas tubuh dihasilkan dari metabolisme sel. Mengubah energi kimia dari makanan yang dicerna ke bentuk energi lain, terutama energi panas. Karena proses metabolisme tersebut berlangsung secara terus menerus, walaupun tidak konstan, tubuh harus melepaskan energi panas pada kecepatan tertentu agar tidak terjadi penumpukan panas yang menyebabkan peningkatan suhu, secara keseluruhan panas yang didapat dari metabolisme dan sumber-sumber lain harus setara dengan panas yang dilepas oleh permukaan tubuh.

Tubuh merupakan mesin biologis yang sangat lengkap, untuk menjaga suhu tubuh pencipta menempatkan Hipotalamus yang berfungsi sebagai termostat tubuh. Hipotalmus memonitor suhu tubuh melalui darah yang dipompa ke otak. Informasi lain didapatkan dari reseptor temperatur pada kulit. Terdapat berbagai cara untuk meningkatkan suhu tubuh sesuai kebutuh yaitu :

- Stimulasi metabolisme, meningkatkan produksi panas
- Vasokonstriksi (penyempitan) pembuluh darah pada kulit, mengurangi pelepasan panas melalui kulit
- Menggigil – Kontraksi Otot rangka untuk memproduksi energi panas

Sebaliknya pelepasan panas dapat terjadi melalui cara-cara berikut :

- Konveksi (juga kadang radiasi dan konduksi) panas terutama permukaan kulit yang terbuka dan tidak terinsulasi
- Vasodilatasi (Pelebaran) pembuluh darah pada kulit meningkatkan pelepasan panas pada kulit
- Peningkatan penguatan kringat dari kulit
- Penghebusan udara panas dari paru-paru
- Pembuangan panas melalui feses dan urin

Referensi

- Campbell, Neil A. dan Jane B. Reece. 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Devi, P. K., & Saraswati, S. L. (2016). *Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP (Vol. C)*. Bandung: PPPPTK IPA.
- Ewen, D., Schurter, N., & Gundersen, P. E. (2012). *Applied Physics (12 th ed.)*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Feather, R. M., McLaughlin, C. W., Thompson, M., & Zike, D. (2009). *Physical Science with Earth Science*. Columbus: McGraw-Hill.
- Giancoli, D. C. (2005). *Physiscs: Principles with Applications (6 th ed.)*. London: Pearson Education.
- Shipman, J. T., Wilson, J. D., & Todd, A. W. (2009). *An Introduction to Physical Science (12 th ed.)*. Boston: Cengage Learning.
- Tiplir, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics for Scientists and Engineers (6 th ed.)*. (C. Marshall, Penyunt.) New York: Susan Finnemore Brennan.
- Wahono, dkk. 2016. *Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VII Semester 1*. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Kebudayaan, Balitbang, Kemdikbud.